臺灣水稻之光合特性與不同水稻品種在第一、二期作之物質生產及穀實生產性的比較*

翁仁憲　陳清義

國立中興大學植物學系

摘　要

為改進第二期稻作之產量，提供參考資料，本文曾以物質生產的立場，比較第一、二期稻作之物質生產及穀實生產特性，茲將所得結果摘要於下。

1.從物質生產之觀點視之，第二期稻作之減產原因為生物產量及收穫指數同時降低之故。又產量構成之四要素中第二期稻作之稔實率降低為減產之最重要因素。

2.本實驗中，造成第二期稻作生物產量偏低之主因為營養生長期間較短，而葉面積指數（LAI）及純同化率（NAR）同時降低所致。惟 NAR 之降低，並非因其單葉光合能力降低，而可能為高溫促使呼吸消耗量增加，及寡日照導致單葉之光合能力無法發揮所致。

3.又第二期稻作之收穫指數及稔實率降低之最大原因，為出穗期稈部蓄積之非構造性炭水化合物（TNC）量減少，因而導致可能轉流到穗部之同化產物量及穗部接受同化產物之能力同時降低所致。

要之，根據本研究結果，可推測採用在高溫、寡日照環境下，光合作用旺盛而呼吸消耗量較少之品種，及提高水稻稈部在出穗期之 TNC 蓄積量的步驟，此將為提高臺灣第二期稻作穀實產量之一有效措施。

前　言

植物體的乾重，90%以上來自光合成產物，故作物之產量取決於乾物生產量（biological yield, YB）及收穫指數（harvest iendex, HI）。臺灣的第二期稻作產量平均低於第一期作約25%，近年雖有許多研究者曾從不同角度探討此問題（陳與陳，1979；鄭，1972；周與陳，1979；朱等，1980；黃，1979；謝，1979；謝與劉，1979；謝，1978；林與蘇，1976；林等，1979；林與談，1979；林與戴，1979；羅等，1977，1979；施等，1978），但尚缺少對乾物生產能力及收穫指數兩方面同時進行討論的報告。著者等有鑑於此問題的重要性，曾進行一連串研究加以探討，並獲致部分結果。

構成穀實之同化產物可分為兩部分，即出穗前蓄積於稈部，而於出穗後轉流至穀實者，另為抽穗後之光合成產物。一般出穗後之光合成產物，約佔穀實內容物之70%以上，故傳統上，稻作學家均認為，提高出穗後水稻之同化量為提高產量之最有效方法，而輕視出穗前光合產物對穀實生產之貢獻（松島，1968），但最近翁等（1982）發現，出穗期貯藏於稻體內之非構造性炭水化物（TNC）不但

*行政院農業發展委員會補助計畫71農建—4.1—產—47（2—8）。

是穀實的構成分之一，同時亦有促進穗部接受同化產物之能力，故主張同時提高出穗期之 TNC 及出穗後之同化量是增加稻穀產量之最有效途徑。

基於上述理由，本研究乃以物質生產之觀點，比較第一、二期稻作之物質生產及穀實生產特性，作為改進第二期稻作產量之參考。

材料及方法

1.材料

為求所得結果具較廣汎之代表性，儘量選用多數品種，包括本省之在來秈稻烏尖、早期之改良秈稻臺中在來1號、最近推廣之秈稻臺中秈3號、早期之稉稻臺中65號、50年代之稉稻臺南5號、最近推廣之稉稻臺農67號，及外國品種 Firooz、Mahing、IRAT 13、Kinandang Patong 等共10品種，惟其中 Firooz 及 Mahing 僅在第一期作栽植，而 IRAT 13及 Kinandang Patong 僅在第二期作種植外，其餘各品種於一、二期作均予栽培試驗。

2.栽培方法

於70年第二期作及71年第一期作，種植於臺中市中興大學校區內之水田。採用 25×10cm、25×20cm 及 25×40cm三種密度，俾使出穗前及出穗後之物質生產量發生差異，以便探討其物質生產及穀實生產特性。其餘之栽培管理則採用臺中地區之一般方法行之。

3.調查項目及方法

（i）乾重：採用翁等（1982）之方法，於最高分蘗期（約在出穗前30日），孕穗期（約在出穗期15日）及出穗期，成熟期各調查一次。

（ii）葉面積：將（i）項所採下之葉片，放入美國 LI-COR 出品之 Area meter（Model 3100）測定之。

（iii）穎花數：採用翁等（1982）之方法實施。

（iv）生長速率（CGR），純同化率（NAR）及平均葉面積（$\overline{LAI}$）：將（i）（ii）項所測得之數據，以下列公式計算之（Sestak *et al.*, 1971；Watson, 1958）。

$$CGR = W_2 - W_1 / t_2 - t_1 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$NAR = (W_2 - W_1)(\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1)(A_2 - A_1) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

$$\overline{LAI} = (A_2 - A_1) / (\ln A_2 - \ln A_1) \quad \cdots (3)$$

但（$t_2 - t_1$），（$W_2 - W_1$）及（$A_2 - A_1$）分別為兩次取樣之間隔日數，總乾重差，及葉面積指數（LAI）之差。

（v）單葉之光合成速率：利用翁及陳（1982）所設計、製作之光合作用測定裝置測定，在整個測定過程中，同化箱內之平均風速為 150cm/sec，溫度為 30±0.5°C，相對濕度為80±2.5%，光度 50klx，供試葉片為植株已完全展開之最上位葉。

（vi）稈部非構造性碳水化合物（TNC）之分析：採用 35% $HClO_4$ 將多醣類分解成單醣後，以 Anthrone 顯色法定量之（Hansen and Moller, 1975）。

（vii）葉身全氮量分析：採用 Semimicro-Kjedahl 法（木內，1975）分析之。

結　果

1.一、二期稻作乾物生產與穀實生產之比較由於穀實產量係由生物產量（YB）及收穫指數（HI）所構成。為瞭解臺灣第二期稻作低產現象與 YB 及 HI 之關係，將本實驗所得各品種在不同栽植密度下之稻穀產量與 YB（收穫期之總乾重）及 HI 之關係如圖1。由此圖可知，稻穀產量與收穫期之總乾物重及 HI 之間，均呈顯著的正相關關係，而第二期作收穫期之總乾重及 HI 均較第一期作低，表示第二期稻作之低產現象為 YB 及 HI 同時降低所致。

為進一步瞭解第一、二期稻作之物質生產及穀實生產特性，特將各種資料列於表1。由此表可知，各品種在出穗期之乾重，收穫期之乾重及穀重，收穫指數等，第一期作均較第二期作高，但出穗期至收穫之乾物生產量，則第一、二期作之間未見有差異。表示在本研究之實驗條件下，造成第二期稻作穀實低產之原因，係 YB 及 HI 同時低下所致，而 YB 降低之主要原因為營養生長期之物質生產量偏低。

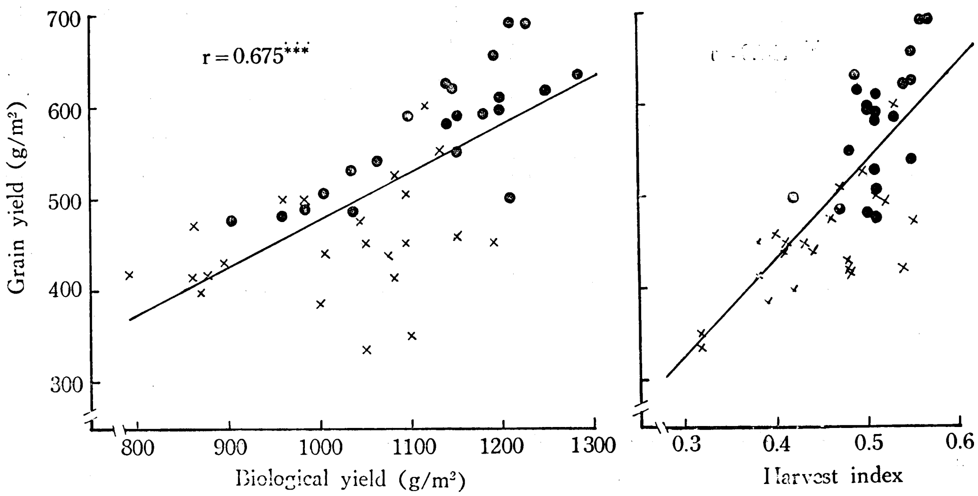

圖1. 穀實產量與生物產量及收穫指數之關係

Fig. 1. The relationships of grain yield to biological yield and harvest index.

● : First Crop, X : Second Crop, *** : Significant at 0.1% level.

表1. 第一、二期稻作出穗期乾重 (W_1)，收穫期乾重 (W_2)，從出穗至收穫之乾物生產量 (W_2-W_1)，穀實重 (Wg) 及收穫指數 (HI) 之比較。

Table 1. Comparison of dry weight at heading stage (W_1), dry weight at harvest (W_2), dry matter production from heading stage to harvest (W_2-W_1), grain weight (Wg) and harvest index (HI) between first and second crops.

Variety	W_1 (g/m²)		W_2 (g/m²)		W_2-W_1 (g/m²)		Wg (g/m²)		HI $\left(\frac{Wg}{W_2}\right)$	
	I*	II*	I	II	I	II	I	II	I	II
Taichung No. 65	763	682	1,138	1,005	375	323	581	440	0.51	0.44
Tainan No. 5	857	732	1,199	1,048	342	316	596	451	0.50	0.43
Tainung No. 67	945	690	1,287	1,083	342	393	632	525	0.49	0.48
Woo-gen	972	866	1,207	1,096	235	230	502	452	0.42	0.41
Taichung Native No. 1	890	636	1,139	959	249	323	624	502	0.55	0.52
Taichung Sen No. 3	898	762	1,193	1,133	295	371	654	553	0.55	0.49
Average	888	728	1,194	1,054	306	326	598	487	0.50	0.46
	(100)	(82)	(100)	(88)	(100)	(107)	(100)	(81)	(100)	(92)

* I : First crop, II : Second crop.

2.出穗前第二期稻作物質生產量偏低之原因

植物之乾物生產量取決於生長期間之長短及生長速率（CGR）之大小。第二期稻作之營養生長期較短，固然會影響其乾物生產量。鄔等（1975）亦謂第二期稻作之 CGR 亦較第一期稻作低。因 CGR 係由葉面積指數（LAI）及純同化率（NAR）所構成，表 2 爲稉稻及秈稻各 3 品種， 25cm×20cm 栽植密度區之 CGR、NAR、LAI、以及與 NAR 有關之單葉光合成速率，葉身之全氮含量等之測定結果。表中 CGR、NAR、LAI 係最高分蘗期（約爲出穗前30日）至出穗期之間，每隔15天調查一次，計三次所得結果之平均值，葉身全氮含量爲最高分蘗期與出穗期分析二次之平均值。單葉之光合成速率爲最高分蘗期所得結果。水稻一生中，其生長速率最大的時期爲出穗前30日至出穗這段時間（鄔等，1975），在此段期間，如表 2 所示，各品種在第二期作之 CGR 均較第一期作低，因此，第二期稻作在出穗期之乾物重較低，係生育期間較短及生長速率降低所致。

表2. 第一、二期稻作生長速率（CGR），純同化率（NAR），平均葉面積指數（$\overline{LAI}$），50klx 光照下單葉之光合速率（P_{50}）及葉身全氮含量（N%）之比較。

Table 2. Comparison of crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), average leaf area index ($\overline{LAI}$), photosynthetic rate of single leaf at 50 klx (P_{50}) and total nitrogen concentration (N%) between first and second crops.

Variety	CGR ($g/m^2/day$)*		NAR ($g/m^2/day$)*			$\overline{LAI}$ (m^2/m^2)*		P_{50}** ($mgco_2/dm^2/hr$)		N%*	
	I	II	I	II	II***	I	II	I	II	I	II
Taichung No. 65	19.64	16.93	5.82	8.47	5.01	3.28	1.58	28.56	31.51	2.70	2.91
Tainan No. 5	20.93	13.97	7.71	7.08	5.23	2.77	1.99	30.57	31.50	2.76	…
Tainung No. 67	20.56	17.15	5.70	8.44	3.50	3.63	2.16	29.79	33.04	2.39	2.81
Woo-gen	23.59	19.83	7.54	7.51	6.50	3.11	2.68	27.62	26.00	2.30	2.45
Taichung Native No. 1	21.39	15.38	6.43	5.58	4.56	3.31	2.75	29.31	26.64	2.72	3.15
Taichung Sen No. 3	22.38	16.66	6.39	6.36	4.89	3.50	2.67	31.12	31.80	2.52	2.82
Average	21.41	16.65	6.60	7.24	4.95	3.27	2.31	29.50	30.08	…	…
	(100)	(78)	(100)	(1.10)	(75)	(100)	(71)	(100)	(102)	…	…

* : From maximum tiller number stage to heading stage, ** : Maximum tiller number stage, *** : Cor ection value. I : First crop, II : Second crop.

因 CGR 係由 LAI 及 NAR 所構成。由表 2 得知，各品種第二期作之 LAI 均較第一期作低，而 NAR 則無一定趨勢，但 NAR 與 LAI 之間有負相關關係（翁等，1982；Watson, 1958）。因此，NAR 之比較必需在 LAI 相同的情況下進行方可；故本研究乃利用 NAR＝a－bLAI（翁等，1982）之回歸方程式，分別求出各品種在第二期作之 a 與 b 後，再將第一期作之 LAI 代入，求得與第一期作相同 LAI 條件下，第二期作之 NAR，其值同列於表 2。由此表可知，在與第一期作相同的 LAI 情況下，各品種在第二期作之 NAR 均較第一期作低。這些結果顯示第二期稻作之 CGR 減低，係LAI 及 NAR 同時降低所致。

單葉之光合速率係影響 NAR 之一因子，由表 2 可知，第二期稻作在實驗室內，濕度、溫度適當

，光照充足時，其單葉之光合成速率，並不比第一期作遜色，此點周與陳（1979）亦有報導。由於本研究中，單葉之光合速率，僅在最高分蘗期測定一次，這一次的結果，可能無法完全代表從最高分蘗期至出穗期之間光合成速率的實態，但在水稻之營養生長期，其葉身全氮含量與光合速率之間有密切之正相關關係（村田與長田，1959；折谷等，1979），本研究所得在最高分蘗期到出穗期這段時間內，第二期稻作之葉身含氮量亦未低下（表２）。關於此點，周與陳（1979），Chen *et al.* (1980) 亦有同樣的報導，故由葉身含氮量，可推測第二期稻作之光合成能力並未降低，可見第二期稻作 NAR 之降低，可能係第二期稻作之營養生長處於高溫寡照的狀況（陳與陳，1979）下，不僅光合能力無法發揮，其呼吸消耗量較大所致。今後應對此問題進行深入的研究。

3. 第二期稻作收穫指數較低的原因

影響作物收穫指數之因素很多，其中較重要者為（１）稈之長短（Donald and Hambilim, 1976）及（２）同化產物往穗部之轉流能力。同化產物往穗部之轉流能力，係受穗之容量、轉流路徑之機能及穗部對同化產物之接受能力所支配（川原等，1977；村山，1971）。

為探討第二期稻作收穫指數較低之原因，茲將可能影響收穫指數之諸因子列於表３。

表3. 第一、二期稻作千粒重、稈長，穎花數、穗數，稔實率及出穗期稈部非構造性炭水化合物含有率（TNC%），及蓄積量（W_{TNC}）之比較。

Table 3. Comparison of 1,000 grains weight, culm length, spikelet number, ear number, percentage of ripened grains, tatal non-strucural carbohydrates concencentration of culm at heading stage (TNC%) and TNC accumulation in culm at heading (W_{TNC}) between first and second crops.

Variety	Culm length (cm)		1,000 grainsf weight (g)		Spikelet No. ($10^4/m^2$)		Ear No. (No./m^2)		Percentage of ripened grains (%)		TNC%		W_{TNC} (g/m^2)	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Taichung No. 65	85	90	27.44	29.92	2.51	2.25	328	251	86	72	28.71	…	128	…
Tainan No. 5	81	86	25.69	26.11	2.24	2.45	315	259	92	52	31.34	27.51	171	129
Tainung No. 67	83	81	25.01	26.73	2.89	2.72	319	220	91	87	29.01	23.59	166	99
Woo-gen	103	134	25.46	24.65	3.19	2.66	261	265	85	69	33.90	29.18	206	155
Taichung Native No. 1	59	62	22.73	23.47	2.93	2.92	373	340	91	74	39.74	28.32	212	97
Taichung Sen No. 3	63	59	27.03	25.56	3.07	3.29	250	261	77	54	31.63	31.56	164	133

I : First crop, II : Second crop.

由表３得知，在同一期作中，稈長較長品種，其收穫指數有偏低之趨勢；又比較同一品種在不同期作之稈長，可知老品種烏尖。在二期作之稈長較一期作長，而新品種臺農67號與臺中秈３號則較一期作短，但此期作間之稈長變化，如與表１所列之期作間收穫指數之變化相比較，即可知兩者之變化趨勢並不一致，由此可推測影響收穫指數之因子，除稈長外，尚有其他原因發生影響。

其次觀看穎花數及千粒重，此兩項的數值第二期作略有較高之趨勢，可知第二期作實穀產量降低與穗部之容量無關，至於轉流途徑之機能問題，尚需待今後之探討。另由表３可知，在出穗期，無論稈中非構造性碳水化合物（TNC）之含有率，或單位土地面積上稈部所蓄積之 TNC 絕對量，一

期作均較二期作高，因此可推測第二期作收穫指數降低，出穗期稈部之 TNC 蓄積量之減低，而導致其穗部接受同化產物能力降低爲可能原因之一。

爲進一步探討稈部之 TNC 是否能提高穗部接受同化產物之能力，特根據翁等 (1982) 之方法，利用列於表 4 之不同品種、栽植密度及期作所得之全部資料，以複迴歸法求得出穗期至收穫之穗重增加量（△E）與出穗期稈之 TNC 蓄積量（C）及出穗期至收穫之乾物生產量（△W）之關係，得式（4）之複迴歸方程式。此

表4. 品種，栽植密度及期作對出穗期稈部非構造性炭水化合物之蓄積量，從出穗至收穫之乾物生產量及穗重增加量之影響。

Table 4. Influence of variety, planting density and crop season on total non-structural carbohydrates accumulation of culm at heading, dry matter production and ear weight increase during ripening period.

Variety	planting density*	C		△W		△E	
		I	II	I	II	I	II
Taichung No. 65	A	138	60	312	269	439	333
	B	128	…	375	322	450	370
	C	151	101	…	230	…	247
Tainan No. 5	A	152	86	298	348	503	353
	B	171	129	341	316	517	376
	C	249	89	261	321	525	282
Tainung No. 67	A	161	65	370	388	533	423
	B	167	99	342	393	537	443
	C	218	79	286	354	548	379
Woo-gen	A	205	124	208	281	417	391
	B	207	157	235	230	355	380
	C	…	120	…	294	…	386
Taichung Native No. 1	A	176	69	243	287	446	337
	B	212	97	250	323	533	409
	C	254	84	282	259	520	346
Taichung Sen No. 3	A	181	127	309	427	563	499
	B	164	133	274	372	551	455
	C	193	151	376	331	585	424
Firooz	A	…	68	…	356	…	338
	B	…	110	…	336	…	364
	C	…	93	…	322	…	339
Mahing	A	…	70	…	…	…	…
	B	…	92	…	236	…	337
	C	…	83	…	228	…	336
IRAT 13	A	157	…	227	…	406	…
	B	166	…	309	…	456	…
	C	210	…	268	…	502	…
Kinandang Patong	A	145	…	187	…	419	…
	B	202	…	287	…	532	…
	C	192	…	143	…	419	…

* : A : 25cm×40cm, B : 25cm×20cm, C : 25cm×10cm.
C : Total non-structural carbohydrates accumulation of culm at heading.
△W : The amount of dry matter production from heading stage to harvest.
△E : The ear weight increase from heading stage to harvest.
I : First crop, II : Second crop.

$$\triangle E=33.03+1.38C+0.67\triangle W \cdots\cdots\cdots (4)$$
$$R=0.851^{***}$$

方程式達到 0.1%顯著水準，與翁等（1982）在日本九州所獲得之結果大致相同，顯示以穗部之容量充足，而轉流路徑之機能正常爲前提，任何可使C及△W增加的步驟，均能增加△E。

其次，式（4）中 C 與 △W 之係數各爲1.38及0.67，兩者相差在一倍左右，表示增加 C 量對穀實之增產效果較增加 △W 的效果約大一倍。又 C 之係數大於1，表示 C 非但可轉流到穗部成爲穀實之一部分，還能促進其他同化產物往穗部轉流而造成收穫指數之增加。

茲再述出穗期稈部蓄積之 TNC 量與稔實率之關係於下，因稔實率除了受同化產物之影響外，尚易受穎花數之支配，故於探討 TNC 量與稔實率之關係時，應先將 TNC 量除以穎花數才較合理。由圖2可知，TNC 量／穎花數之比，在8mg/No. 以下時，其比值愈高之品種或處理，其稔實率愈高。另由表3亦可知，第二期作之千粒重，一般較第一期作高，但稔實率比第一期作低，故可推測，出穗期稈部所蓄積之 TNC 係促進稔實率而非促進千粒重之增加，其原因，翁等（1982）認爲

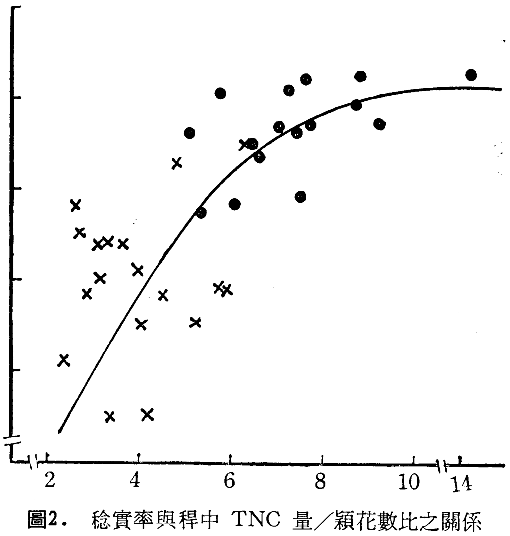

圖2. 稔實率與稈中 TNC 量／穎花數比之關係

Fig. 2. The relationship between percentage of ripened grains and **total** non-structural cabohydrates accumulation in culm per spikelet at heading stage (c/s. N). ● : First crop, X : Second crop.

可能爲 TNC 有促進穎花蓄積同化產物能力所致。至於 TNC 量／穎花數之比在 8mg/No. 以上時，此比值對稔實率之影響將漸趨於減小，故據此可推測，TNC ／穎花數之比值在 8mg/No. 時最合適，若不足於此數值稔實率將降低，而過多則發生 sink limiting 現象。

綜合上述的結果，大致可得到下面的結論：二期稻作之低產現象係生物產量及收穫指數同時降低所致。生物產量降低之原因，係第二稻作營養生長期較短，加之，LAI 及 NAR 同時降低所致。收穫指數降低之原因，部分可能與二期作之稈長稍長有關，但主要爲營養生長期之物質生產量偏低，導致在出穗期稈部 TNC 蓄積量之不足，而促使能够轉流到穗部之同化產物減少，並促使穗部接受同化產物之能力減低所致。故欲增加第二期稻作之穀實產量，除依照傳統上的觀念—增加出穗後之物質生產量外，提高營養生長期之物質生產量的策措亦不可忽視。

討　論

以往之研究結果認爲，臺灣第二期稻作減產之原因在於穗數、一穗粒數、千粒重及稔實率降低，惟其受影響之性狀及程度仍有地域及品種間之差異（黃，1979；謝，1979；鄔等，1975）。其中穗數可用施肥法（施等，1978）增加栽植密度（羅等，1977；鄔等，1975）或利用植物生長調節素（施等，1978）促其增加。一穗粒數可用施肥法（謝，1979；羅等，1977）促其增加，而稔實率則較難解決（羅等，1977）。第二期稻作稔實率之降低，一般認爲主要係出穗至成熟這段時間內之低溫、寡照，使水稻之物質生產量降低，及同化物質往穗部之轉流受阻所致，而營養生長期之物質生產對稔實率影響之研究，至今尚極缺少（朱等，1980；林等，1979；羅等，1979）。最近翁等（1982）發現，出穗期稻體所蓄積之 TNC 對稔實率之提高有極大效果。在本實驗中，第二期稻作在出穗後之乾物生產量並未降低，而從出穗至成熟這段時間內，即9月上、中、下旬之平均氣溫分別爲 26.3°C、26.8°C 與 26.6°C，此與松島（1968）所謂之轉流適溫（25°C）極相近，故第二期作同化產物往穗部之轉流應不受低溫之影響。據本實驗10個品種，在不同期作

及三種栽植密度所得資料，顯示不同品種及栽植密度所產生之 TNC 蓄積量之差異均影響穗重增加量及稔實率（圖２），故本實驗中第二期稻作稔實率偏低之主要原因應爲第二期作出穗期 TNC 蓄積量偏低所致。

有關 TNC 對穀實生產之重要性，以往均被日本學者所輕視，但最近經翁等（1982）重新檢討，而發現 TNC 對水稻穀實生產之重要性。在臺灣近年有多位研究者（鄭，1972；林與戴，1979；Chen *et al*., 1980）指出，第二期稻作出穗期稈部 TNC 含有率較第一期作低，顯示第二期稻作之低產現象可能與其稈部之 TNC 含有率較低有關。但這些研究均僅限於稈部 TNC 含有率之研究，而對 TNC 之蓄積量則未見有人進行探討，故 TNC 與穀實產量之關係亦尚未十分明瞭。本研究所得之結果與翁等（1982）所得結果極相似，再次證明出穗期稈部所蓄積之 TNC，在水稻穀實生產過程中扮演著重要角色。此表示稈部所蓄積的 TNC，不僅可增加，往穗部轉流之量，並可增加穗部接受同化產物之能力。在臺灣已有多人指出，同化產物往穗部之轉流情形，第二期作較第一期作差（鄭，1972；謝，1979；林與談，1979；林與戴，1979），林與談（1979）認爲此係第二期作出穗後之低溫寡照使同化產物往穗部之轉流受阻所致。但由本實驗之結果得知，第二期作出穗期稈部之 TNC 含量較低亦爲影響稔實率之重要原因，尤其在中南部，第二期作穀實充實期間之溫度尚高，故同化物質之轉流受低溫影響的程度較少，而受 TNC 影響的可能性較大。

又公式（４）雖表示出穗後之物質生產量（△W）對穀實生產之效果較 TNC 低，但△W 之絕對量則較 TNC 大，故△W 對穀實生產之貢獻亦不能忽視。於此，最理想的方式應爲同時增加出穗期 TNC 之蓄積量及出穗後之物質生產量，如此，不僅可使轉流到穗部之同化產物量增加，並增加穗部對同化產物之接受能力而得到雙重的增產效果。

但根據翁等（1982）之結果及由圖２可看出，TNC 量／穎花數之比，在 8mg/No. 以下時稔實率偏低，超過 8mg/No. 時，則稔實率不再增加，據此推測，TNC 量／穎花數之比，以 8mg/No. 最合適。故此比值偏低時宜增加 TNC 之蓄積量，偏高時宜增加穎花數。又如圖２所示第二期稻作之 TNC 量／穎花數比均低於 8mg/No. 甚多，故增加出穗期之 TNC 蓄積量將爲提高第二期稻作稔實率及產量之一重要措施。

增加出穗期 TNC 蓄積量之方法有二：其一爲增加營養生長期之乾物生產量，其二爲提高稻作之 TNC 蓄積能力。由表１與表２得知，第二期稻作營養生長期之物質生產量及出穗期稈部之 TNC 含有率同時降低，故提高第二期稻作出穗期之 TNC 蓄積量，應同時促進其營養生長期之物質生產能力及 TNC 蓄積能力。

在臺灣關於稻作物質生產特性之研究至今尚不多，但以往的數篇報告（謝，1979；鄔等，1975）關於營養生長期之實驗結果，均報告第二期作之物質生產量較第一期作低，並說明其原因爲第二期作之營養生長期較短，林與蘇（1976）認爲係 LAI 及葉綠素含量降低所致。本研究則發現第二期作之 LAI 及 NAR 同時降低，但周與陳（1979）及本研究均發現第二期作單葉之光合速率並未降低，可知第二期作物質生產量較低，可能是在高溫條件下呼吸消耗量多以及在寡照之環境下不能發揮其光合能力所致。於此欲增加第二期稻作之物質生產能力，似應着重尋找能够在高溫、寡照條件下，維持較大的 LAI 及 NAR 的品種。

誌　謝

本研究承蒙農業試驗所黃眞生博士，鄧耀宗先生，曾東海先生，卜瑞雄先生及中興大學李成章博士，蔡國海博士提供種子，謹此致謝。

引用文獻

1. 朱鈞、郭華仁、邱淑芬．1980．一、二期水稻發育中穀粒乾物質之蓄積與充實特性。科學發展月刊 8（５）：414—427。
2. 周瑞國、陳淸義．1979．臺灣一、二期水稻數種生理特性之比較研究。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江編）。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。
3. 林安秋、蘇新．1976．第二期稻作低產原因之研究。II 一、二期作水稻羣落光合作用比較。科學發展月刊 4（11）：５—21。
4. 林安秋、賴光隆、李祿豐．1979．第二期稻作低產

原因之研究。4.臺灣北部地區第一、二期作水稻之抽穗及稔實特性比較。中華農學會報新 107：17—24。

5.林安秋、談嘉俊・1979・第二期稻作低產原因之研究。5.本省北部地區第一、二期作水稻之14C—同化物質轉運與分配之比較研究。中華農學會報新107：25—35。

6.林美麟、戴國興・1979・屏東地區一、二期稻作光合成物質聚積之變化及其稻穗成長過程之比較研究。科學發展月刊7（4）：394—400。

7.施景垣、張和、楊遜謙、吳育郎・1978・葉面施肥及施用生長調節素對二期稻作產量之影響。科學發展月刊6（11）：17—35。

8.陳明義、陳清義・1979・臺灣中南部稻田微氣象之研究。68年度聯合年會特刊，第69—83頁。中華農學會，臺北。

9.黃眞生・1979・臺灣水稻第二期作低產之原因。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江編）。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。

10.鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎。1975。第二期稻作低產原因之探討。科學發展月刊3（10）：5—39。

11.鄭雙福・1972・高雄地區第一、二期水稻生育過程碳水化合物聚積與分佈之比較研究。屏東農專學報13：1—16。

12.謝昱暐・1979・一、二期水稻之生長與光合作用構成因子。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江編）。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。

13.謝順景、劉大江（編）・1979・臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。

14.謝順景・1979・臺灣一、二期作稻產量構成要素及其他性狀表現之差異。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」（謝順景、劉大江編）。國科會討論會專集第二號，國科會，臺北。

15.羅其正、鄔宏潘、楊遜謙・1977・二期稻作低產原因之探討及其解決方法。Ⅰ.單位面積內穎花數之變化及其與產量間之關係。科學發展月刊5（9）：745—761。

16.羅其正、鄔宏潘、姚琇香・1979・臺灣水稻生產力的基礎研究一生育控制下兩期作間稻株稔實率差異原因之探討。科學發展月刊7（7）：691—699。

17.川原治之助、松田智明、長南信雄・1977・稻の形態形成に關する研究。第11報小穗軸維管束の微細構造と轉流機構について。日作紀46（4）：537—542。

18.木內知美・1975・無機成分分析法（窒素）。作物分析法委員會編，栽培植物分析測定法，pp. 64-67，養賢堂，東京。

19.村田吉男、長田明夫・1959・水稻の光合成に關する研究。第12報肥料三要素供給量と光合成能力との關係。日作紀28：184—187。

20.村山登・1971・多收穫水稻の營養特性。農業及園藝46：145—149。

21.折谷隆志、圓佛利康、葭田隆治・1979・作物の窒素代謝に關する研究。第16報水稻各品種における光合成，葉面生長とN代謝との關係。日作紀48（1）：10—16。

22.松島省三・1968・稻作の理論と技術，pp. 168, 177，養賢堂，東京。

23.武田友四郎・1972・光合成と物質生產。松尾孝嶺編，稻の形態と機能，pp. 175-177，農業技術協會，東京。

24.津野幸人・1970・イネの科學，pp. 115, 164，農文協，東京。

25.翁仁憲、武田友四郎、縣和一、箱山晉・1982・水稻の子實生產に關する物質生產的研究。第1報出穗期前に貯藏された炭水化物および出穗後の乾物生產が子實生產に及ぼす影響。日作紀51（4）：500—509。

26.翁仁憲、武田友四郎、縣和一、箱山晉・1982・同上。第二報出穗期前における乾物生產力の品種間差。日作紀51（4）：510—518。

27.翁仁憲、武田友四郎、縣和一、箱山晉・1982・同上。第3報出穗期前における乾物生產力の品種間差異をもたらす要因の解析。日作紀51（4）：519—528。

28.翁仁憲、陳清義・1982・大豆之光合作用與物質生產特性之研究。第1報：冬季裏作大豆之物質生產特性，中興大學理工學報19：147—154。

29.Chen, C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrate, N, P and K status of developing rice plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. Jour. Agric. Res. China 29(2)：81-92.

30. Donald, C. M. and J. Hambilm. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Advances in Aronomy 28 : 361-405.

31. Hansen, J. and I. Moller. 1975. Percolation of starch and soluble carbohydrates from plant tissue for quantitative determination with anthrone. Analytical Biochem. 68 : 87-94.

32. Sestak, Z., J. Catsky and P. G. Jarvis. 1971. Plant photosynthetic production, manual of methods. The Hague. Netherlands. pp. 343-391.

33. Watson, D. J. 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. Ann. Bot. N. S. 22 : 37-55.

Photosynthetic Characteristics, Dry Matter Production and Grain Yield of the First and the Second Rice Crops in Taiwan*

Jen-Hsien Weng, Ching-Yin Chen

Department of Botany
National Chung-Hsing University
Taichung, Taiwan 400
Republic of China

Summary

In order to understand and improve the low yield of the second rice crop in Taiwan. The characterstics of dry matter production and grain yield of the first and the second crops were investigated. The results obtained are summarized as follows:

1. On the point of dry matter production, the decrease of both biological yield (YB) and harvest index (HI) was the cause of low yield of the second crop. In the four major components of yield, the low percentage of ripened grain was the main factor of the low yield of the second crop.
2. The short vegetative period and the decrease of both leaf area index (LAI) and net assimilation rate (NAR) were the major factors of low biological yield of the second crop. The decrease of NAR was not due to the decrease of photosynthetic ability of single leaf. The high temperature increased the consumption of respiration and the solar radiation could not complete the photosynthetic abilityof single leaf. Those were the main causes of NAR decrease.
3. The increase of total non-structural carbohydrates (TNC) accumulation of culm at heading stage was one of the effective steps for increasing the grain yield of the second crop. We found that the major factors of low HI and low percentage of ripened grain were the decrease of TNC accumulation of culm at heading stage, so that the assimulate transferable to ear and accepting the ability of ear were decreased, too.

From results obtained, we found two effective steps for promoting the grain yield of the second crop. One, to find the varieties with high photosynthetic ability in weak light and low comsumption of respiration in high temperature, another, to improve the TNC accumulation of culm at heading stage.

* Supported by a grant 1982-4.1-47 (2—8) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, ROC.